Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 77 (1959)
Heft: 5

Artikel: Ueber die Bauausführung des Wasserkraftwerkes Ackersand II
Autor: Stambach, E.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-84200

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 10.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

ORGAN DES SCHWEIZERISCHEN INGENIEUR- UND ARCHITEKTEN-VEREINS S.I.A. UND DER GESELLSCHAFT EHEMALIGER STUDIERENDER DER EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE G.E.P.

Ueber die Bauausführung des Wasserkraftwerkes Ackersand II

DK 621.29

Von **E. Stambach**, dipl. Ing., Vizedirektor der Motor-Columbus AG., Baden

1955 beschloss die Lonza AG., Basel, durch ihre Tochtergesellschaft, die Aletsch AG., die Verwirklichung der ihr erteilten Wasserrechts-Konzession an der Mattervispe zwischen Randa und Ackersand in Angriff zu nehmen. Auf Grund eingehender Studien ergab sich seinerzeit die Unterteilung der ausnützbaren und der Lonza AG. konzedierten Fluss-Strecke in zwei Stufen, und zwar in ein oberes Werk Randa-Mattsand und in das zunächst zur Ausführung gelangende Kraftwerk Mattsand-Ackersand, das kurz mit Ackersand II bezeichnet wird (Bilder 1 und 2). Ackersand I wird das 1908 vollendete Kraftwerk der Lonza AG. an der Saaservispe benannt [1]). Die Maschinenhäuser der beiden Werke wurden so eng miteinander verbunden, dass sich deren Betrieb gegenüber jenem bei zwei getrennten Werken wesentlich vereinfachen lässt. Beide Stufen an der Mattervispe sind Laufkraftwerke; die Einschaltung von Ausgleichbecken ermöglicht aber einen wertvollen Tages- und Wochenausgleich des verfügbaren Wassers. Zur weitgehendsten Ausnützung der Vispe haben die Lonza AG. und die Grande Dixence eine Vereinbarung getroffen, nach welcher der Lonza AG. im Winter der gesamte ihr konzessionierte Wasseranfall verbleibt und im Sommer derselbe 12, bzw. 14 m³/s, entsprechend der Ausbaugrösse der Werke, beträgt.

Der Bau des Kraftwerkes Ackersand II wurde im Herbst 1955 begonnen. Die Inbetriebnahme der ersten Maschinengruppe erfolgte am 25. Oktober 1958, also nur drei Jahre nach dem ersten Spatenstich. Die Einhaltung dieser ausserordentlich kurzen Bauzeit ist der intensiven Zusammenarbeit und den allseitigen Anstrengungen aller Beteiligten zu verdanken.

1) Beschrieben in der SBZ 1909, Bd. 54, Seite 263

Tabelle 1. Allgemeine Angaben

1. Hydrologie		
Einzugsgebiet an der Sperrstelle		381 km²
Vergletscherung		46 %
Mittlere Wasserabflüsse der Vispe:	November bis April	rd. 2 m³/s
	Juni bis September	rd. 40 m³/s
	Mai und Oktober	rd. 10 m³/s
	Höchstes beobachtetes Hochwasser (1921)	rd. 150 m³/s
Ausbauwasserführung		14 m³/s
2. Gefälle		
Staukote am Wehr Mattsand		1231,00 m
Kote der Auslaufschwelle im Unterwasserkanal		691,00 m
Gesamtgefälle der Konzessionsstrecke		540,00 m
Stauzielkote im Ausgleichbecken Mattsand		1230,50 m
Kote Turbinenaxe		701,00 m
Bruttogefälle		529,50 m
Nettogefälle (rechnerisch bei 14 m³/s)		488,50 m
3. Installierte Leistung		
2 Maschinengruppen total		59 000 kW
4. Energieproduktion im Mitteljahr		255 Mio kWh

Beschreibung der Anlagen

A. Allgemeines

Die rd. 12 km lange Fluss-Strecke zwischen Mattsand und Ackersand, also zwischen der Wasserfassung und der Wasserrückgabe, enthält ein Bruttogefälle von rund 530 m. Mit der Ausbauwasserführung von 14 m³/s lässt sich im Mitteljahr eine Energiemenge von 255 Mio kWh erzeugen. Die installierte Maschinenleistung beträgt 59 000 kW. Das Kraftwerk ist durch seine Einfachheit der Disposition charakterisiert. An die Wasserfassung schliesst sich ein Entsander an und unmittelbar an diesen das Ausgleichbecken mit 210 000 m³ Inhalt. Für die gute Ausnützung des verfügbaren Talbodens bei Mattsand musste die Vispe auf etwa 500 m Länge in ein neues Bett verlegt werden. Der Druckstollen (Innendurchmesser 2,50 m) im linken Talhang ist rd. 12,5 km lang, endet beim Wasserschloss unterhalb des Bergdorfes Törbel und schliesst an einen Druckschacht von 900 m Länge an. Dessen Fortsetzung bildet eine kurze, horizontale Druckleitung, die zunächst das Trasse der Visp—

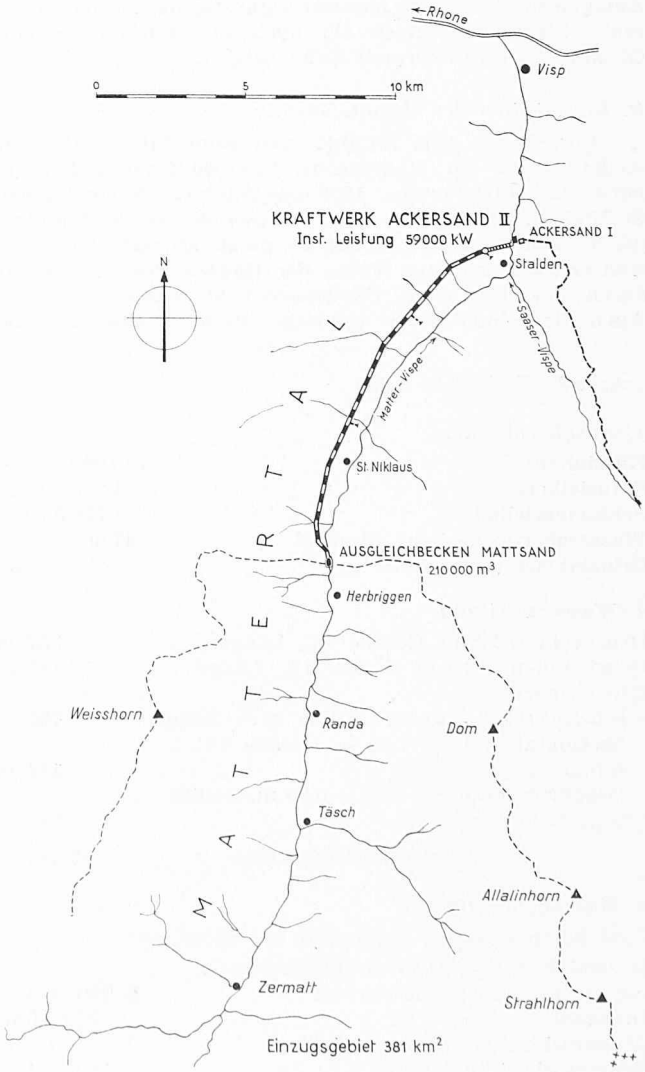


Bild 1. Uebersichts-Lageplan, Masstab 1:250 000

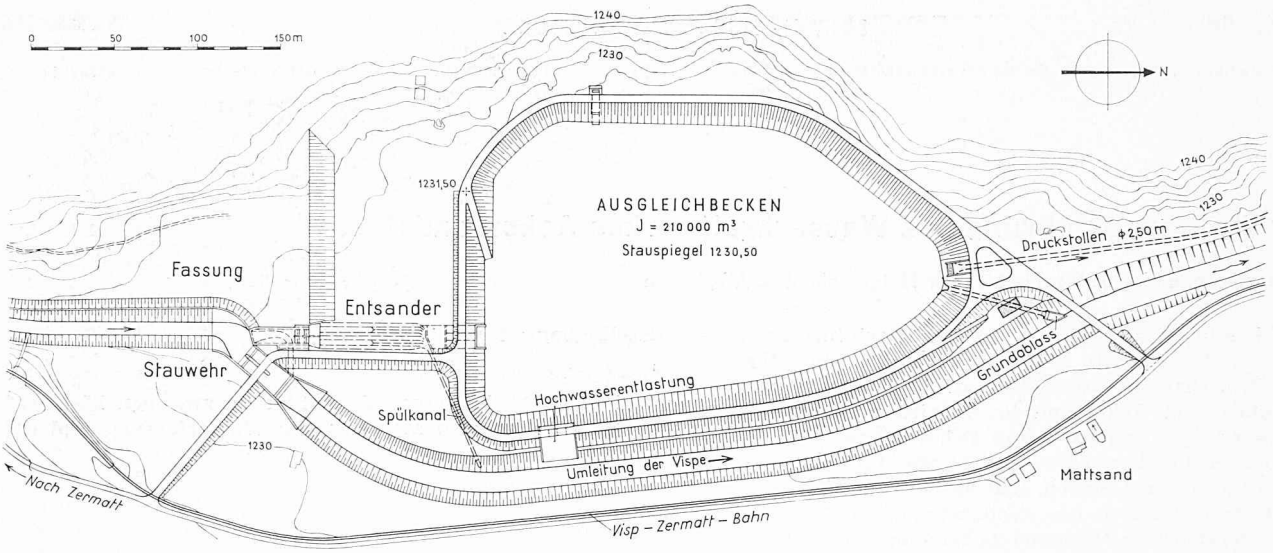


Bild 3. Kraftwerk Ackersand II, Ausgleichbecken Mattsand, Lageplan 1:4500

Zermatt-Bahn unterfährt und auf einer eisernen Fachwerkbrücke die Vispe überquert. Der Unterwasserkanal zum Fluss ist nur etwa 70 m lang. Im Hof der beiden im rechten Winkel zueinander angeordneten Maschinenhäuser Ackersand I und II wurde eine 12 und 15/65 kV-Schaltanlage erstellt, von der die Energie über eine neue Hochspannungsleitung talauswärts in das Werk Visp der Lonza AG. übertragen wird. Dort ist ein Zusammenschluss mit der 65-kV-Rhone-Talleitung vorgesehen. Verkehrstechnisch liegen die Anlagen in Ackersand besonders günstig, da sowohl der direkte Strassenanschluss als auch die Einführung eines Gleises der Visp—Zermatt-Bahn besteht.

B. Einzelheiten der Bauausführung

Vorarbeiten. Als Zufahrt vom Rhonetal zu den Baustellen wurde zur Hauptsache die Visp-Zermatt-Bahn benützt, da bis im Sommer 1958 eine Fahrstrasse nur bis nach St. Niklaus verfügbar war. Auf dieser Strasse wickelte sich der Verkehr sehr zeitraubend ab, da sie schmal ist und noch während des grössten Teiles der Bauzeit des Kraftwerkes durch das kantonale Baudepartement ausgebaut wurde. Auch die schmale und teilweise steile Strasse zwischen Stalden und Törbel, d. h. bis zu den Baustellen der untersten Stollenstrecke, des Wasserschlosses und des Druckschachtes, musste vorerst an mehreren Stellen erweitert und verbessert werden. Ferner waren hier und zum Stollenbaufenster unterhalb St. Niklaus Verbindungsstrassen für den Lastwagenverkehr zu erstellen. Ausserdem kamen verschiedene Stand- und Luftseilbahnen zur Ausführung. Letztere waren besonders von der Station Kalpetran aus zum Stollenfenster bei Embd hinsichtlich baulichem und finanziellem Aufwand von Bedeutung. Auch die Baustromversorgung für die Baustellen in dem steilen Gebirgsgelände erforderte beträchtliche Mittel.

Das Kies- und Sandmaterial für die Betonherstellung wurde im oberen Bauabschnitt aus einer grossen Aufbereitungsanlage bei Mattsand, für die talauswärts liegenden Bauplätze aus den an der Vispe und Rhone gelegenen Kies-Sandwerken bezogen.

Wie oft im Wallis war auch hier auf den am Berghang gelegenen Stollen-Baustellen die Beschaffung der erforderlichen Trink- und Betriebswassermengen mit grossen Schwierigkeiten verbunden.

Obwohl die Baustellen unter 1250 m ü. M. liegen und sich in einem bewohnten Tal befinden, erforderten alle diese Vorarbeiten nicht unerhebliche Aufwendungen.

Die *Umleitung der Vispe* (Bild 3) bei Mattsand bot bautechnisch in dem aus Kies und Sand bestehenden Gelände keine besonderen Erschwernisse. Dagegen stellte die Dimensionierung des neuen Bachgerinnes ein Problem dar, das nur unter Zuhilfenahme von Modellversuchen befriedigend gelöst werden konnte. Im Hinblick auf die periodisch wiederkehrenden Hochwasserwellen infolge des Ausbruches von Gletscherseen, besonders des Gornersees, war es geboten,

Tabelle 2. Technische Daten

1. Ausgleichbecken		
Nutzinhalt	210 000	m³
Stauzielkote	1 230,50	m
Senkungszielkote	1 225,50	m
Wasseroberfläche beim Stauziel	47 500	m²
Grundablass (max. Abfluss)	30	m³/s
2. Wasserzuleitung		
Druckrohr ⌀ 2,5 m, Gefälle 4 ‰, Länge	367	m
Druckstollen ⌀ 2,5 m, Gefälle 4 ‰, Länge	12 128	m
Druckschacht:		
schräg, ⌀ 1,9 ÷ 1,8 m, Gefälle 80 %, Länge	755	m
horizontal, ⌀ 1,8 ÷ 1,65 m, Gefälle 5 ‰, Länge	146	m
Druckrohrleitung ⌀ 1,65 ÷ 0,80 m, Gefälle 5 ‰, Länge	184	m
Totale Zuleitungslänge	13 580	m
3. Maschinengruppen		
Zwei horizontalaxige Aggregate bestehend aus:		
je zwei Peltonturbinen direkt gekuppelt mit einem Drehstromgenerator	je 29 500	kW
Drehzahl	375	U/min
Wasserschluckvermögen pro Gruppe	7	m³/s
Generatorleistung bei cos φ = 0,8	36 000	kVA
Generatorspannung	12	kV

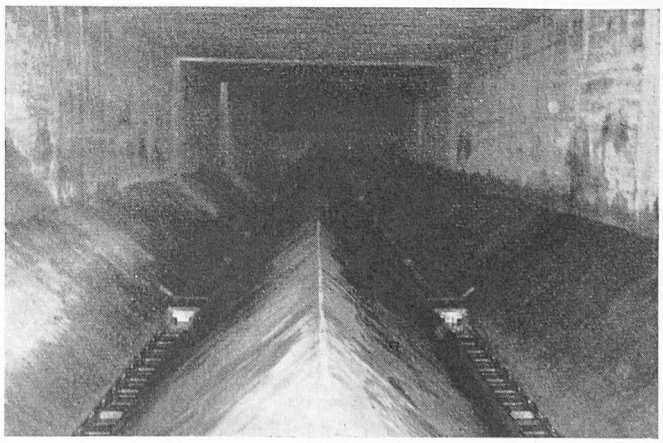


Bild 6. Entsandungsanlage, Doppelkammer m. Sandabzugvorrichtungen

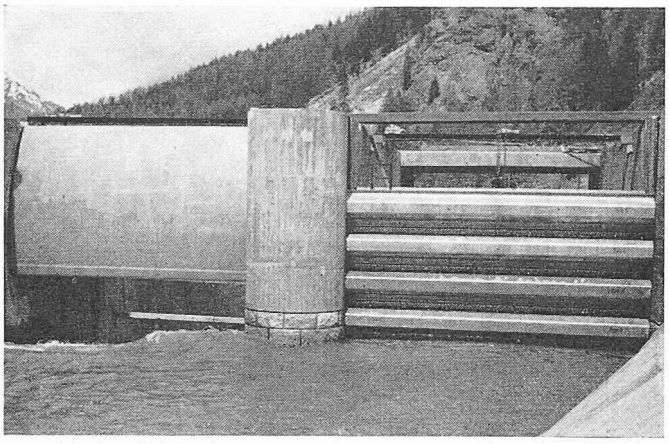


Bild 4. Schützenmontage Wehr Mattsand, linke Oeffnung beendet, rechts Dammbalken eingesetzt

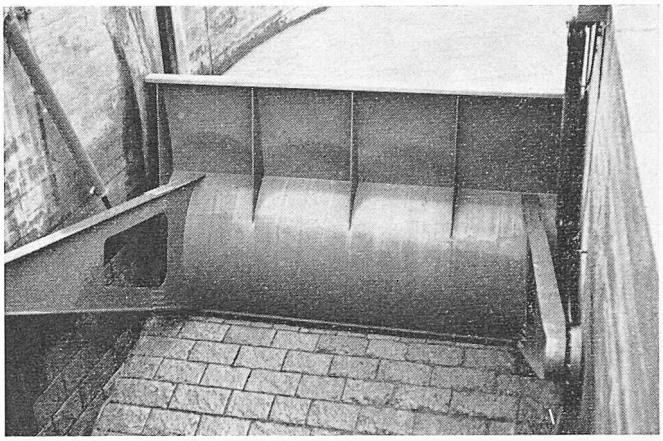


Bild 5. Eine der Sektorschützen des Stauwehrs Mattsand, vom Unterwasser gesehen

die Versuche bis zur Ableitung von 250 m³/s durchzuführen. Während der Bauzeit traten am 14. Juni 1957 Hochwasser mit etwa 120 m³/s in Verbindung mit dem Murgang des Täschbaches und am 14. August 1958 ein solches mit 125 m³/s, teilweise als Folge eines Ausbruches des Gornergletschersees, auf. Ohne dass die eben fertiggestellte Bachumleitung dabei wesentlichen Schaden genommen hätte, zeigten sich doch eindrücklich einige Abweichungen des natürlichen Ablaufes gegenüber den Feststellungen im Modellversuch. Man muss sich bei solchen Verlegungen geschiebeführender Wildbäche doch stets bewusst bleiben, dass die natürlichen Erscheinungen im Modellversuch kaum ganz masstabgetreu nachgebildet werden können, und zwar besonders wegen den Auswirkungen des Geschiebetransportes, weil über diesen normalerweise keine oder wenig zutreffende Beobachtungen bzw. Messungen vorliegen.

Modelltechnisch wurde auch die Ausgestaltung der *Wasserfassung* (Bilder 3 bis 5) in der Form einer sog. Zentrifugalwasserfassung festgelegt. Das Wehr weist zwei Oeffnungen von 6,0 m Weite auf, die von Sektorschützen mit ölhydraulischem Antrieb abgeschlossen werden und bei vollem Hub für den Durchfluss des Hochwassers einen Querschnitt von 44 m² freigeben.

Bei Wasserführungen der Vispe über 15 m³/s, also während der Sommerperiode, erfolgt die Steuerung der Wehrverschlüsse und der Einlaufschützen zum Sandfang automatisch und zwar durch einen pneumatisch arbeitenden Pegel, der auf den Wasserstand im Entsander anspricht. Bei Stromausfall tritt selbsttätig eine Benzinnotstromgruppe in Funktion. Ausserdem können die Schützenantriebe auch von Hand gesteuert werden. Für den provisorischen Abschluss des Wehres stehen Dammbalken aus Aluminium zur Verfügung.

Besondere Aufmerksamkeit wurde einer wirksamen *Entkiesungs- und Entsandungsanlage* (Bild 6) gewidmet, da mit einem ausserordentlich grossen Geschiebeanfall während der Gletscherschmelze, also während den Sommermonaten Mai bis September, gerechnet werden muss. Die Spülungen im Sandfang erfolgen örtlich und zeitlich abgegrenzt (1 bis 6 mal innert 24 Stunden), je nach der Grösse der Sandablagerung. Die hiefür eingebaute, ölhydraulisch betätigte Sandabzug-Vorrichtung wurde gemeinsam von der Aluminium Industrie Aktiengesellschaft Chippis, und der Firma H. Bieri & Sohn, Bern, entwickelt (Patent angemeldet). Sie hat die Vorteile, dass der Spülwasserverbrauch sehr gering ist und dass ein Verstopfen der Spülöffnungen durch Kleinholz nicht vorkommen kann, weil das Abschlussorgan beim Schliessvorgang solches Geschwemmsel zerschneidet. Die Entsanderkonstruktion kann sowohl manuell als auch vollautomatisch gesteuert werden.

Das *Ausgleichbecken* (Bild 7) weist eine benetzte Oberfläche von 47 500 m² bei einer grössten Wassertiefe von 7,4 m auf. Für die Einhaltung einer maximalen Grundwasserkote unter der Beckensohle wurde ein umfangreiches Drainagesystem eingebaut, das in einzelne Stränge unterteilt, jederzeit kontrollierbar ist. Der im allgemeinen feinkörnige Kies-Sandboden bot eine gute Unterlage für dieses umfangreiche Bauwerk. Die Zusammensetzung der Einbaumaterialien für den Dammbau und die Bitumenauskleidung der Beckensohle und der Böschungen erfolgte auf Grund eingehender Versuche auf der Baustelle selbst. Mit ständigen Prüfungen an der EMPA von Materialproben aus dem Bauwerk überwachte man die Ausführung. Der grosse Aufwand an Vorbereitungs- und Kontrollarbeiten hat sich gelohnt, da die mit grösstmöglicher Genauigkeit ermittelten Wasserverluste bei der ersten Füllung nur 2 l/s, also 0,04 l/s und 1000 m² benetzte Fläche betrugen. Seither haben sich die Verluste noch verringert. Die Beckenauskleidung weist über der Rohplanie folgende Zusammensetzung auf: 12 ÷ 20 cm Kiesfilter, Korn 30 ÷ 60 mm; 2 × 3 cm Bitumenbeton (8 Gewichts-% Bitumengehalt, 9 Gewichts-% Fillergehalt); Porenschluss aus Bitumenmastic 1 kg/m².

Bekanntlich müssen bei Bitumenbelägen auf setzungsempfindlicher Unterlage deren Kontaktstellen mit festen Betonbauwerken zur Vermeidung von Wasserverlusten besonders sorgfältig behandelt werden. Im vorliegenden Falle wurden in den Uebergangszonen unter dem Bitumenbeton armierte Betonplatten frei beweglich eingelegt. Die Fuge zwischen diesen Platten und der Betonauflage erhielt eine Abdichtung mit Fugenband, Teerstrick und Bitumenkitt.

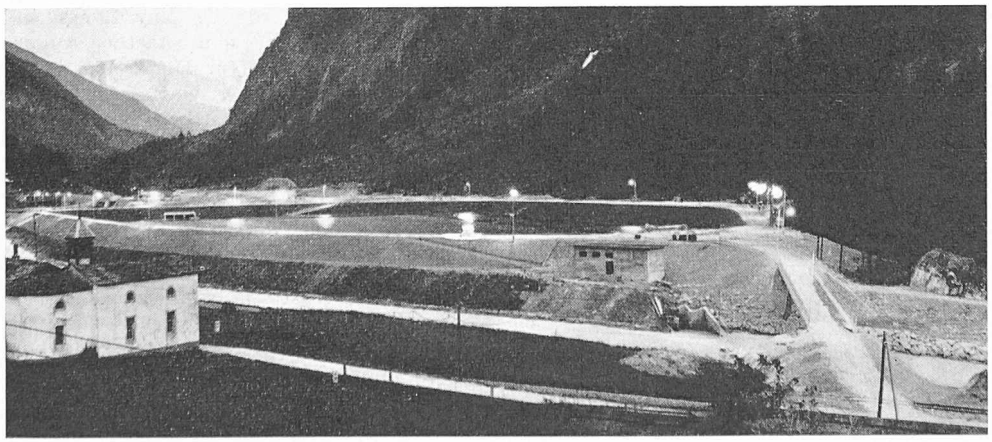


Bild 7. Ausgleichsbecken Mattsand, Abendaufnahme vom August 1958

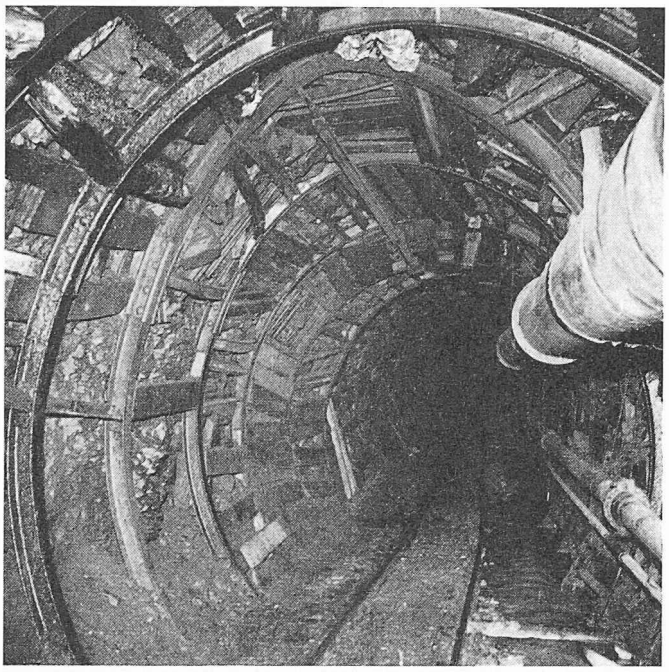


Bild 10. Stark deformierter Stahleinbau im Vortrieb
Bilder 10 bis 13: Aus dem Druckstollen

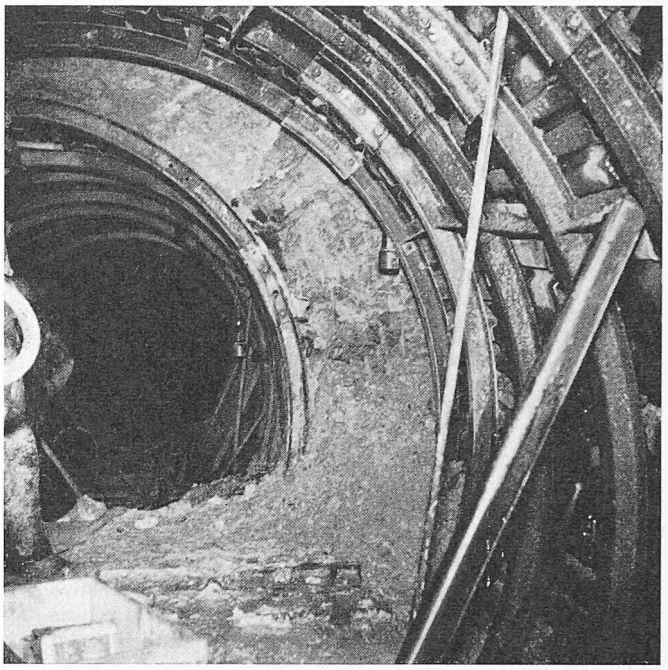


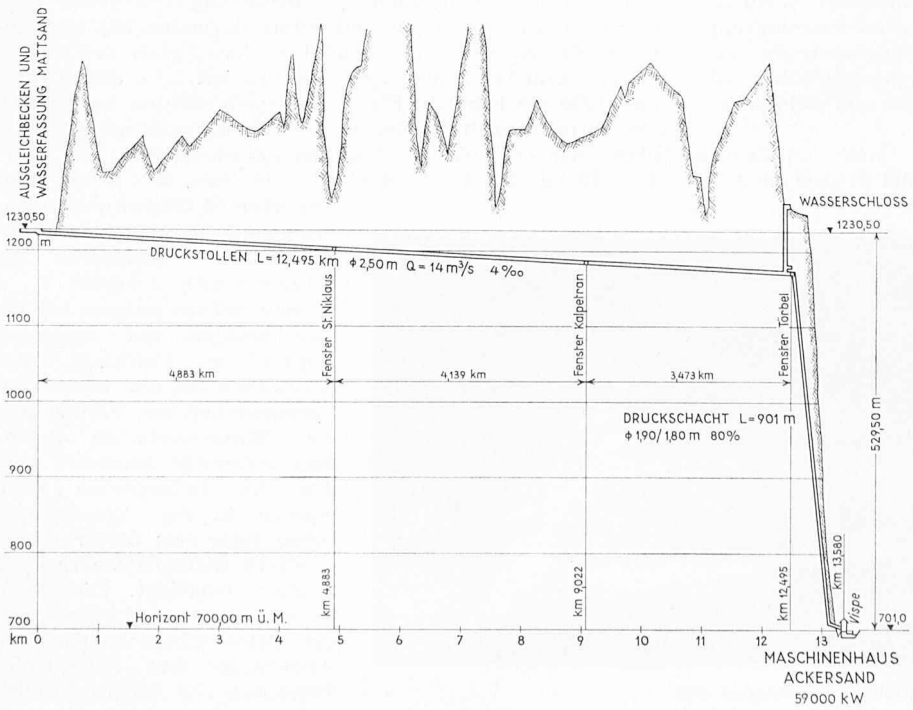
Bild 11. Einseitige Deformation des Ausbruchprofils bis 50 cm ohne Bruch des Stahleinbaues (Situation bei der Nachprofilierung)

Das Becken Mattsand weist einen Grundablass von 3,5 m² Querschnitt auf, so dass es im Bedarfsfalle bei Vollstau in zwei Stunden entleert werden könnte. Der damit verbundene Wassereinlauf in die Vispe von max. 30 m³/s vermag in dieser keine unzulässige Flutwelle zu erzeugen.

Für die Zufahrt zum talseitigen Beckengebiet hat man eine vorgespannte Eisenbetonbrücke über die Vispe erbaut.

Der Bau der fast 12,5 km langen *Wasserzuleitung* vom Ausgleichbecken bis zur Apparatekammer wurde in 5 Baulose von 1,9 bis 4,9 km Länge unterteilt. Das erste, 367 m lange Teilstück besteht aus einem im Tagbau erstellten Eisenbetonrohr, das am Fuss eines grobblockigen Bergsturzhanges dem Ufer der Vispe folgt (Bild 8).

Für die Unterteilung der Losstrecken des 12 128 m langen *Druckstollens* (Bild 2) waren die topographischen Verhältnisse massgebend. Es galt, lawinen- und steinschlagsicher gelegene Baufenster anzusetzen, die ohne allzugrosse Aufwendungen für die Errichtung der Zugänge und die Bauinstallationen betrieben werden konnten. Nach eingehenden Untersuchungen wurden in dem im allgemeinen schlecht zugänglichen und sehr steilen Gelände folgende Anschlüsse geschaffen: bei Mattsand eine provisorische Brücke über die Vispe; unterhalb St. Niklaus der Ausbau eines bestehenden Strässchens und eine 350 m lange Standseilbahn; bei Embd eine Personen- und eine Material-Luftseilbahn über eine Höhendifferenz von mehr als 300 m und schliesslich im Gebiet des Wasserschlosses eine 3 m breite, 465 m lange Strasse. Von den beiden über Felsabstürzen errichteten Baustellen Embd und Törbel musste das gesamte Ausbruchmaterial der Stollen per Seilbahn in tiefer gelegene Deponien abtransportiert werden.



Ueber die geologischen Verhältnisse des für den Druckstollen und den Druckschacht zu durchstossenden Gebirges und deren Einfluss auf den Vortrieb sowie über die Auskleidung der Untertagbauten darf in Anbetracht der Bedeutung dieser Objekte bei diesem Kraftwerkbau auf folgendes hingewiesen werden:

In der obersten Stollenstrecke wurde auf rd. 1,1 km Länge ein grobbankiger, sehr harter Augengneis angetroffen. Dieser liess sich gut ausbrechen; er war standfest und enthielt, abgesehen bei einigen Klüften, kein Wasser. In der nachfolgenden, rd. 600 m langen Rauhwackezone musste das Stollenprofil (Bild 9) zum grössten Teil eingebaut werden. Dabei kamen kreisförmige Stahlbogen zur Verwendung. In den Stössen (Strossen) blieb die Felsoberfläche ohne Einschalung, so dass sich der Fels auch bei teilweise starkem

Bild 2. Kraftwerk Ackersand II, Längenprofil. Längen 1:250 000, Höhen 1:10 000

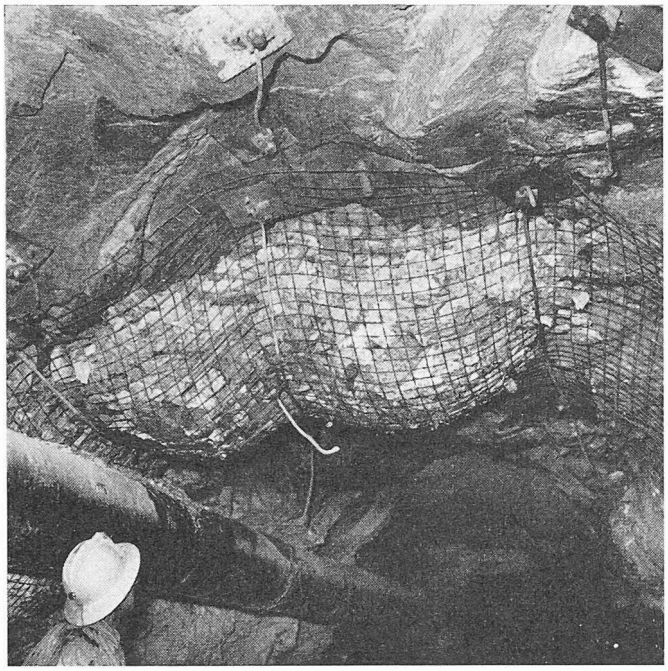


Bild 12. Ankereinbau mit Seilen und Netzen. Abfangen einer Mylonitschicht, die nachträglich ausbrach

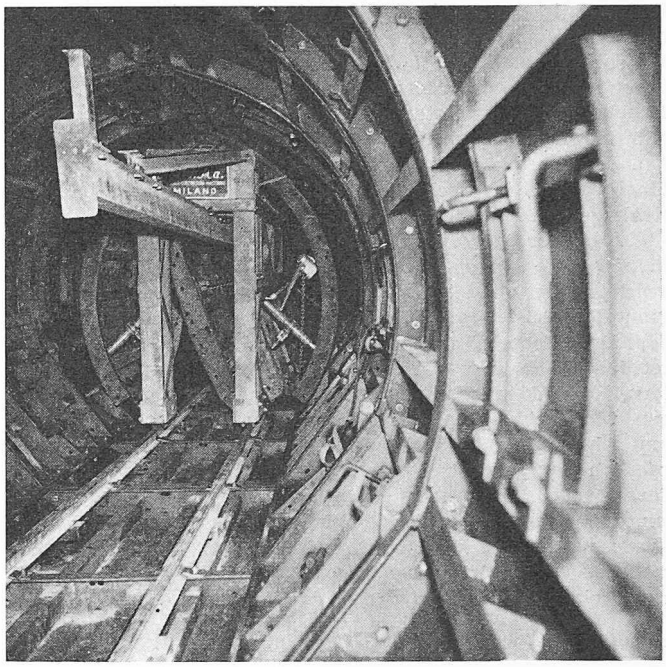


Bild 13. Gleitschalung für die Stollenverkleidung

Gebirgsdruck frei deformieren konnte. Die nachträgliche Nachprofilierung eingequetschter Partien bot so keine Schwierigkeiten. Im First, wo fast kein Gebirgsdruck auftrat, konnte der Stahlverzug (Stahlverschalung) dem Ausbruchprofil satt angepasst werden. Anschliessend folgen dünnplattige, stark klüftige Quarzite auf 2200 m Länge. Diese werden vom Tal her in umfangreichen Galerien kommerziell abgebaut (Kalpetraner Dachplatten). Um zu vermeiden, dass durch die Sprengerschütterungen beim Stollenausbruch Teile der oberflächlich stark aufgelockerten Berghänge zum Absturz gelangen, musste das Stollentrasse bis rund 500 m tief in das Berginnere verlegt werden. In standfesten, tektonisch ungestörten Partien konnten im Quarzit Vortriebsleistungen von 13 ÷ 15 m/Tag erreicht werden; allerdings musste streckenweise wegen ausbrechenden Platten ein unregelmässiges Profil in Kauf genommen werden. Die mächtigste, anschliessend auf über 8000 m zu durchfahrende Gesteinsformation bestand aus Casannaschiefer, der in Lagerung, Festigkeit und Härte sehr verschiedenartig (Sericit-Chloritschiefer, Sericitgneise und Quarzite) auftrat. Im Übergang vom Quarzit teilweise stark mylonitisiert (zerquetscht), druckhaft, dann plattig, tektonisch stark gestört und schliesslich gebräch und vergrust, erforderte die Strecke zum Teil kräftigen Einbau. In klüftigen Partien folgten sich erhebliche Wassereinbrüche (aus Taschen kurzfristig bis 40 l/s). Die Vortriebsleistung schwankte deshalb zwischen 4 und 11 m/Tag. Profildeformationen, einseitig bis 50 cm, verursachten schwere Verbiegungen des Stahleinbaues, der aber dank der besonderen Zähigkeit des verwendeten Materials standhielt (Bilder 10 u. 11). Einzelne Zonen konnten mit Felsankern gesichert werden, in andern genügte ein Spritzbetonüberzug als Schutz gegen die atmosphärische Verwitterung. Schliesslich war eine etwa 250 m lange Karbonstrecke zu durchörtern. Sie zeigte sich tektonisch stark gestört, druckhaft sowie mit Kohlelinsen und -bändern durchzogen und erforderte deshalb ebenfalls Einbau. Da Gasaustritte unter solchen Verhältnissen möglich

Tabelle 3. Gesteinsverhältnisse und Stollenbau

Geologische Formation	Gesteins-qualität	Wasser-anfall	Totale Vortriebs-länge m	Mittlere Vortriebs-leistung m/Tag
Augengneis	hart und zäh	kein	1100	6 ÷ 8
Rauwacke	weich	wenig	600	6 ÷ 8 *)
Quarzit	hart und zäh	kein	2200	8 (max. 15)
Casanna-schiefer	sehr variabel	allg. stark	8000	4 ÷ 11
Karbon	druckhaft	kein	230	4 ÷ 5 *)

*) einschliesslich Stahleinbau

Wasserzuleitung Kraftwerk Ackersand II, typische Profile, Masstab 1:100

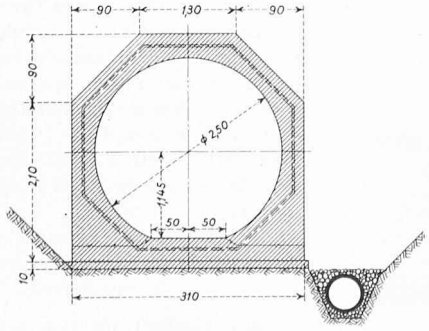


Bild 8. Zulaufkanal in offener Baugrube erstellt

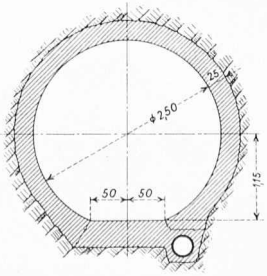


Bild 9. Druckstollen

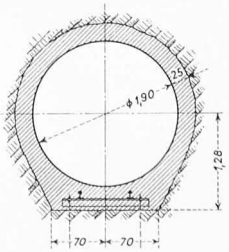


Bild 14. Druckschacht

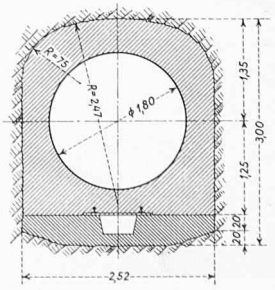


Bild 15. Flachstrecke des Druckschachtes

sind, wurde der Stollen mit Grubensicherheitslampen während des Vortriebes unter Kontrolle und die an sich trokkene Felsoberfläche ständig künstlich feucht gehalten. Diese Vorsichtsmassnahmen waren auch in der gleichen, im Druckschacht auftretenden Formation, wo Kohlenmergel mit Graphiteinlagerungen angetroffen wurden, zu beobachten. Im Übergang zum Casannaschiefer, und zwar von der Flach- zur Steilstrecke im Druckschacht, musste in einer stark gestörten Zone ebenfalls kräftig eingebaut werden.

Auf der ganzen Länge des Druckstollens und des Schrägschachtes galt als Regel, die Sicherung des Ausbruchprofiles ohne Holz zu erreichen, um schon beim Beginn der Betonierkampagne ungehindert arbeiten zu können. Deshalb griff man zur Vortriebssicherung mit profilgerechtem Stahleinbau, zur Verwendung von Schutzgittern, Felsankern (Bild 12), Gunit ohne oder mit Armierungen, ferner Abdichtung und Fassung aller Wassereinbrüche und Ableitung in fortlaufend erstellte Drainagen, die nachträglich ausinjiziert wurden. Dank diesen Vorkehrungen liessen sich dann auch sehr gute Betonierleistungen erzielen, und zwar unter Verwendung von Leichtmetallschalungen, sowohl beim Betonieren von Hand als auch mit pneumatischen Pumpen. Besondere Vorteile brachte die Einführung einer kontinuierlich einsetzbaren Teleskopschalung, mit der im gleichen Arbeitsgang das ganze Profil betoniert wurde (Bild 13). Die dauernd erreichten monatlichen Betonierleistungen stiegen auf 850 bis 900 m (durchschnittlich 37 ÷ 45 m/Tag). Diese Betoniermethode ermöglichte bei einer gegenüber der vorgeschriebenen von 300 kg auf 330 kg erhöhten Zementbeigabe mit Barra 55-Zusatz eine überdurchschnittliche Betonqualität bezüglich Druckfestigkeit und Wasserdichtigkeit und hatte den grossen Vorteil, dass Arbeitsfugen nur am Wochenende, also in Abständen von etwa 200 m entstanden. Der Mannschaftsbedarf sank gleichzeitig auf etwa $^2/_3$ gegenüber dem Betonieren mit normaler Aluminiumschalung. Dieser Umstand zeigt deutlich eine weitere Möglichkeit der zunehmenden Mechanisierung bei der Herstellung der Stollenverkleidungen. Die normalen Ausführungsprofile des Druckstollens und des Druckschachtes sind aus den Abbildungen ersichtlich. Bei 2,5 m lichter Weite des Stollens war eine minimale Verkleidungsstärke von 15 cm vorgesehen. Auf Grund der Bauerfahrungen sollte diese in gewissen Gesteinsformationen auf wenigstens 20 cm festgesetzt werden. Im Augengneis blieb das Überprofil in bescheidenen Grenzen, während besonders im Quarzit und teilweise auch im Casannaschiefer der profilgerechte Ausbruch weniger genau eingehalten werden konnte. Die Stollendruckprobe hat übrigens auch dank der sorgfältigen und umfangreichen Injektion des umgebenden Gebirges eine angenähert vollständige Dichtigkeit ergeben, indem der gemessene Verlust nur 0,01 l/s und 1000 m² Innenfläche betrug.

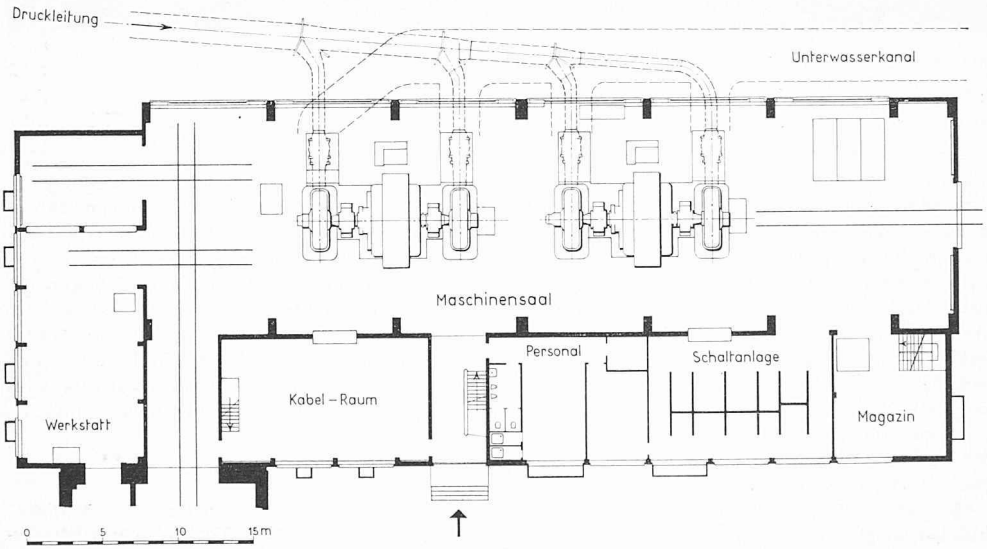


Bild 17. Grundriss 1:500 des Maschinenhauses Ackersand II

Bild 18. Maschinenhaus Ackersand II im Vordergrund, davor links Unterwasserkanal, rechts Unterwasserkanal des hinten sichtbaren Maschinenhauses Ackersand I (mit Turm und Steildach) Hinten links neue Schaltanlage

Der *Druckschacht* (Schrägschacht mit 80 % Neigung, Bild 2) hat durchgehend einen Ausbruchquerschnitt von 2,4 m Durchmesser, so dass die Betonstärke zwischen Fels und Panzerung bei Abnahme des Rohrdurchmessers von 1,90 auf 1,80 m von oben nach unten zunimmt (Bild 14). Es wurde Prepakt-Beton eingebracht. Im Rundkiesgerüst, ⌀ 30 ÷ 60 mm, fanden 50 Vol.-% Füllmörtel (300 l Sand ⌀ 0 ÷ 1 mm, 300 kg PC, 200 kg Wasser, 100 kg Alfesil und 4 kg Intrusion-Aid) Platz. Mit einer sorgfältig vorbereiteten Bauinstallation und straffer Einhaltung des Arbeitsprogrammes gelang es, pro Tag zwei Rohre von je 8 m Länge einzubringen und fortschreitend auch die entsprechende Hinterbetonierung und die Injektionsarbeit auszuführen. Als Grundlage für die Panzerrohrdimensionierung fand vorgängig der Bauausführung ein Abpressversuch im Karbongebirge statt. Es zeigte sich, dass dieses für eine Lastaufnahme nicht druckfest genug ist. Dem Casannachiefer kann indessen die Aufnahme von 40 % des statischen Innendruckes zugemutet werden. Das verwendete Stahlblech Aldur 35 ÷ 55 erhielt Wandstärken von 10 ÷ 26 mm. Für die anschliessende Druckleitung mit 1,65 m Durchmesser wurde Unionstahl 40 verwendet.

Zur Einhaltung der besonders in der Endphase äusserst knapp bemessenen Baufristen

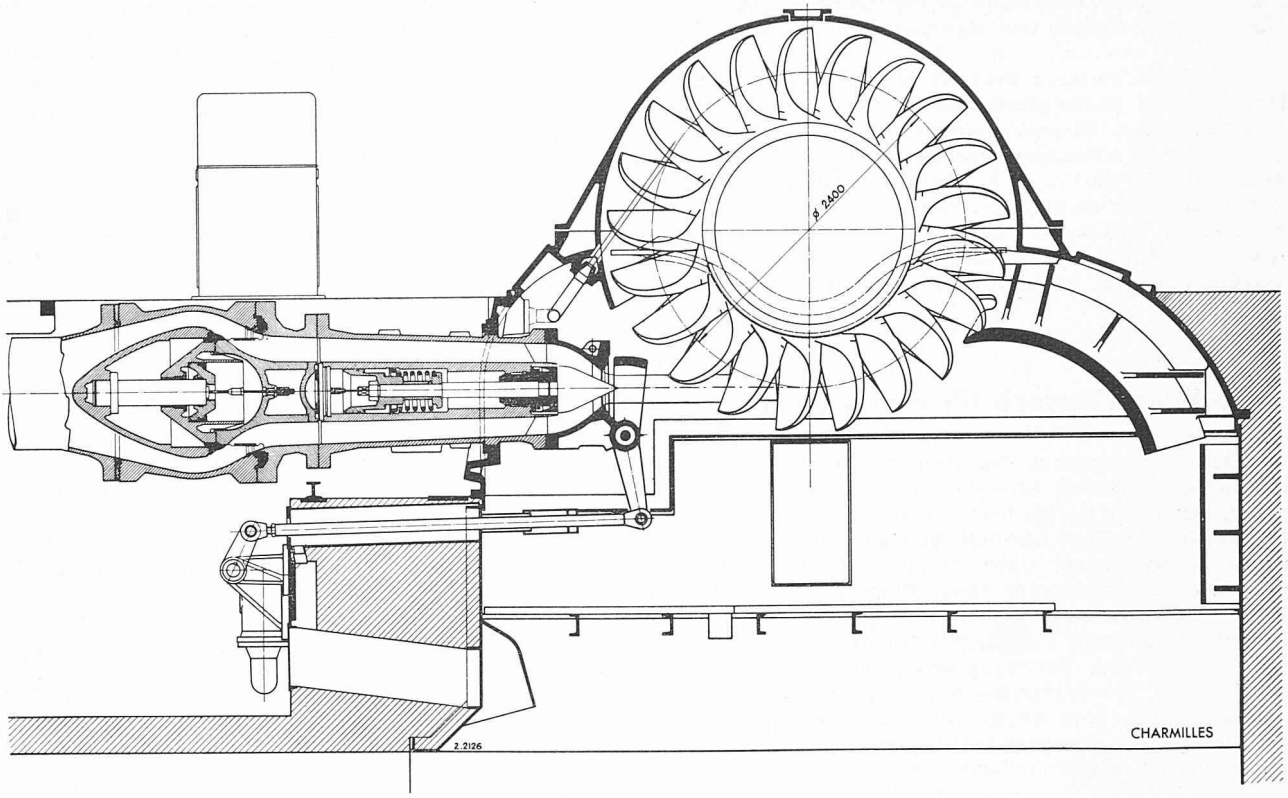


Bild 16. Schnitt 1:60 durch eine Turbine mit Einlauf und Schieber (Bauart Charmilles)

musste ein Rostschutzverfahren angewendet werden, das möglichst kurze Anfangs- und nicht allzu lange Trocknungszeiten für die einzelnen Schichten erforderte. Besondere Studien und Versuche in Zusammenarbeit mit der EMPA in Zürich führten dazu, die sandgestrahlte Innenfläche des Schrägschachtes mit $^1/_{10}$ mm Spritzverzinkung, zwei Zinga-Anstrichen (Kaltverzinkung) und zwei Sapalac-Deckanstrichen zu versehen. Die total nur rd. 0,4 mm dicke Schutzschicht wurde mit magnetischem Schichtdickenmesser eingehend geprüft und durfte nur eine Minustoleranz von 0,04 mm aufweisen. In den Flachstrecken (Bild 15) der Stollenpanzerung und der Druckleitung kamen auch Imerit- und Galvanite-Anstriche zum Auftrag. Die Aussenflächen der Druckleitung erhielten einen besonderen Schutz, im Freien zudem eine 50 mm starke Wärmeisolierung und bei Erdüberdeckung Aderolanstriche.

Das *Wasserschloss* besteht aus einer im Tagbau erstellten oberen Kammer mit 1290 m³ Inhalt, einem 58 m tiefen Vertikalschacht und einer unteren Durchlaufkammer mit 3,5 m Durchmesser. Der Schacht wurde von der Geländeoberfläche aus nach unten mit der vollen Ausbruchfläche von 15 m² vorgetrieben. Obschon die obere Hälfte in nicht standfestem Moräne- und Karbonmaterial lag, vollzog sich diese Arbeit rasch, rationell und ohne Unfall. Die Apparatekammer enthält eine Drosselklappe, die durch Schnellschluss bei Ueberschreitung der höchsten Wassergeschwindigkeit automatisch funktioniert und auch vom Maschinenhaus aus fernbetätigt werden kann. Als Besonderheit sei noch erwähnt, dass die Drosselklappe mit einer Schlauchdichtung versehen wurde, die einen praktisch tropfdichten Abschluss gewährleistet.

Die beiden horizontalachsigen *Maschinengruppen* bestehen aus je einem Generator von 36 000 kVA Leistung bei cos φ = 0,8 mit zwei beidseitig der Welle fliegend angebauten Peltonrädern. Jedes Laufrad wird von einer Düse beaufschlagt.

Die Turbineneinläufe sind «geradaxig», d. h. der Servomotor für die Verstellung der Düsennadel liegt in einem durch Rippen gehaltenen Zentralkörper innerhalb des Einlaufrohres (Bild 16). Der jedem Einlauf vorgeschaltete Ringschieber ist mit diesem zu einer konstruktiven Einheit zusammengefasst, indem das Ringschiebergehäuse unmittelbar in das Einlaufrohr und der Zentralkörper des Ringschiebers in den Zentralkörper des Einlaufes übergeht. Mit dieser Konstruktion lässt sich eine beträchtliche Platzersparnis erreichen. Trotz der gedrängten Bauweise sind die Ringschieber als Doppelabschlussorgane ausgebildet, so dass eine Revision der Betriebsdichtung bei gefüllter Druckrohrleitung möglich ist.

Die Generatoren besitzen zwischen den Lagern angeordnete Haupterregermaschinen. Links und rechts ausserhalb der Turbinen liegen auf der einen Seite der Hilfserreger und der Pendelgenerator, auf der andern Seite die mechanisch angetriebene Reglerölpumpe und das Sicherheitspendel.

Der Rohbau des *Maschinenhauses* (Bilder 17 und 18) konnte programmgemäss innerhalb eines Jahres erstellt werden, und zwar dank der weitgehenden Verwendung vorfabrizierter Eisenbetonelemente (Dachbinder, Längsträger und Dachplatten). Das Aufziehen und Zusammenfügen der zum Teil vorgespannten Bauteile vollzog sich in sehr kurzer Zeit. Auch die beiden Maschinensaalkrane mit je 50 t Tragkraft kamen frühzeitig in Betrieb, weil für die Kranbahnen Eisenträger eingesetzt wurden.

Der direkte Zusammenbau des neuen Maschinenhauses mit der vor 50 Jahren errichteten Anlage Ackersand I durfte nicht dazu führen, irgend eine Uebereinstimmung in der architektonischen Gestaltung der beiden Baukörper zu suchen. Auf eine Anpassung der heutigen Bauart an den damaligen Baustil wurde bewusst verzichtet und das Hauptaugenmerk auf eine gut wirkende und einwandfrei durchkonstruierte Bauweise, die Bestand haben soll, gelenkt. An dem aus Eisenbeton erstellten Gebäude erhalten die sorgfältig geschalten Sichtflächen einen Dispersionsfarbanstrich. Sie werden durch Felder von Glasbausteinen unterbrochen. Der zwischen den beiden Maschinenhallen betriebstechnisch geschickt eingefügte Verbindungsbau, der unter anderem den Kommandoraum und die Werkstätten enthält, weist eine Fassadengliederung mit gebräuchlicher Fensterteilung auf. Diese Fenster haben Aluminiumrahmen und Verbundglas.

Die kurze Charakterisierung dieses Kraftwerkes und die Hinweise auf dessen Baugeschehen dürfen nicht abge-

schlossen werden, ohne dankbar festzustellen, dass das Werk ohne schwere Unfälle und Menschenopfer erstanden ist.

*

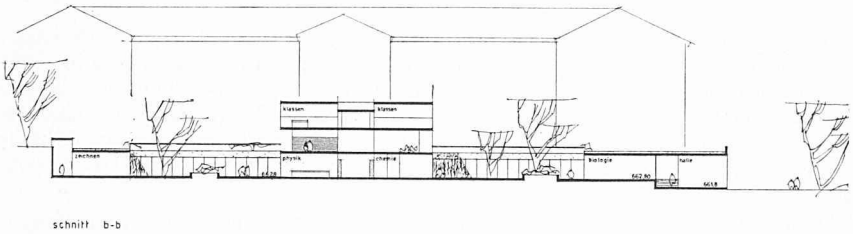
Beteiligte Firmen: *Projektierung und Bauleitung:* Motor-Columbus Aktiengesellschaft für elektrische Unternehmungen, Baden. *Vispe-Umleitung, Wasserfassung und Ausgleichbecken:* Arbeitsgemeinschaft Mattsand: Schafir und Mugglin AG., Zürich, S. A. Conrad Zschokke, Genf-Sitten, Ulrich Imboden, St. Niklaus. *Stollenbauten:* Ulrich Imboden, St. Niklaus; Arbeitsgemeinschaft Los 3: Murer AG., Andermatt, Fux & Co., St. Niklaus; Baukonsortium Fenster Kalpetran: Pulfer & Rossi, Naters, Walo Bertschinger & Co., Visp; Bauunternehmung Wasserschloss Törbel: Theiler & Kalbermatter AG. und Daniel Hildbrand, Törbel. *Druckschacht:* Konsortium Druckschacht: Savioz & Marti, Ayent, Dénériaz S. A., Sion, W. Walter, Grächen. *Maschinenhaus:* Konsortium Zentrale Ackersand II: Ulrich Imboden, Sankt Niklaus, L. Gsponer, Stalden, P. Ruppen, Stalden. *Schaltanlage:* Regotz und Furrer, Visp. *Maschinelle und elektrische Anlagen:* Druckschachtpanzerung Giovanola, Monthey; Druck- und Verteilleitung Sulzer, Winterthur; Turbinen und Absperrschieber Charmilles, Genf; Generatoren Maschinenfabrik Oerlikon; Transformatoren Sécheron, Genf, und Brown Boveri, Baden.

Projektwettbewerb für einen Erweiterungsbau der Kantonsschule St. Gallen

DK 727.113

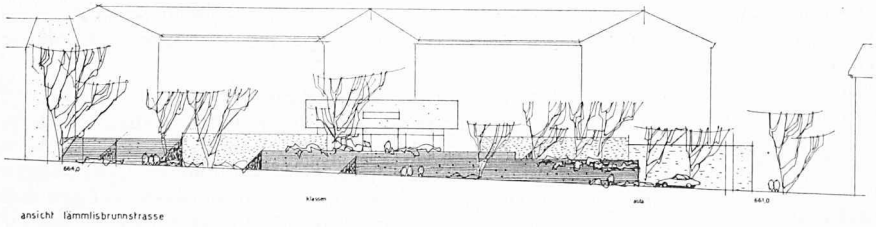
Der Regierungsrat des Kantons St. Gallen hat unter den in den Kantonen St. Gallen und Appenzell niedergelassenen, den in St. Gallen heimatberechtigten und den Architekten, die die Kantonsschule St. Gallen mit der Maturität abgeschlossen haben, einen Projektwettbewerb zur Erlangung von Entwürfen für einen Erweiterungsbau durchgeführt. Als Areal stand das Gelände zwischen dem heutigen Schulhaus und dem Lämmlisbrunnquartier zur Verfügung; auf die bestehende Bebauung war gebührende Rücksicht zu nehmen. Im Erweiterungsbau waren ganze Abteilungen unterzubringen. Eine zweite Erweiterungsetappe von sechs bis zwölf Klassenzimmern war vorzusehen. Die Lehrzimmer waren für 30 Schüler (Wanderklassen) zu projektieren.

Aus dem Raumprogramm. Zu studieren waren zwölf Lehrzimmer, 3 Bibliothekzimmer für Spezialfächer, naturwissenschaftliche Fachzimmer mit Nebenräumen. Für Biologie drei Lehrzimmer, Laboratorium, Sammlungszimmer, für Chemie zwei Lehrzimmer, zwei Laboratorien, Spezialaboratorien, für Physik drei Lehrzimmer, Laboratorien, Werkstatt, Sammlung, drei Lehrzimmer für Zeichnen, Aula mit 400 Sitzplätzen, ein Lehrzimmer in zentraler Lage, Büros, Garderoben, Lift bei mehr als drei Geschossen, Abwartwohnung, Werkstatt usf. Drei Turnhallen 14 × 25 m mit Umkleideräumen, Rasenspielplatz, Hartplatz und Sprunganlagen.



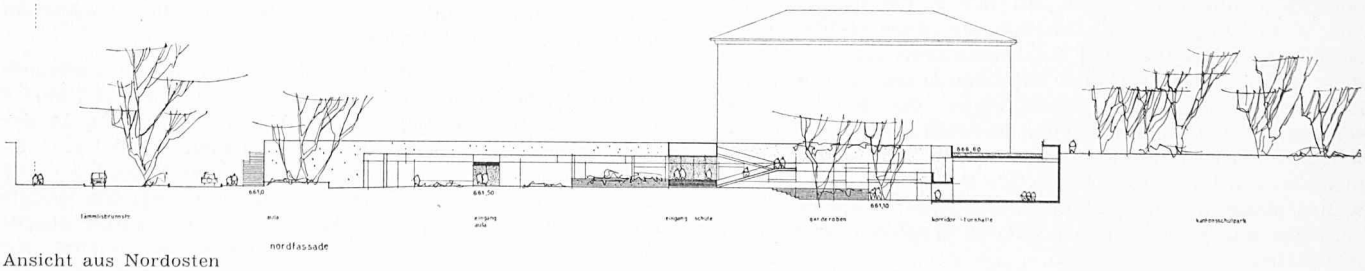
Querschnitt

1. Preis (5000 Fr.) nach Ueberarbeitung mit Empfehlung zur Ausführung. Verfasser: **Glaus und Stadlin,** Zürich und St. Gallen, Mitarbeiter **André Heller.** Projekt «Emir», 2. Stufe.

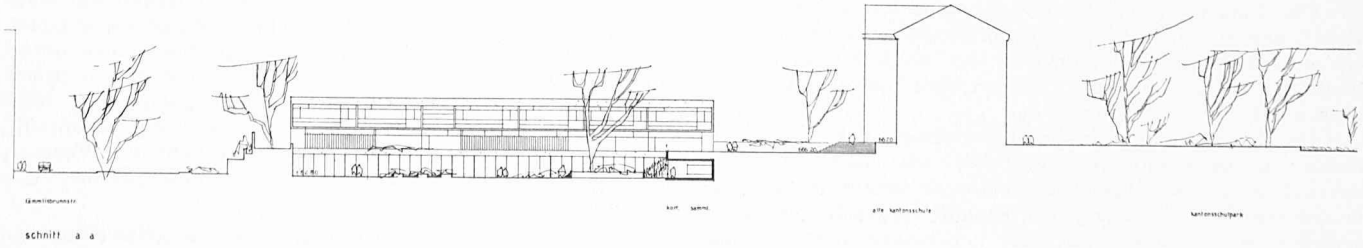


Ansicht aus Südosten

Schnitte und Ansichten 1:1000



Ansicht aus Nordosten



Längsschnitt mit Klassentraktansicht